

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

S. Kyo
12/16/03
Q 78967
10fl

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月17日
Date of Application:

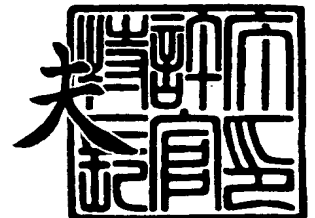
出願番号 特願2002-364628
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-364628]

出願人 日本電気株式会社
Applicant(s):

2003年 7月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3059685

【書類名】 特許願

【整理番号】 34403224

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 1/20

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 京 昭倫

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100079005

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 宇高 克己

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 009265

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9715827

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 対称型画像フィルタ処理装置、プログラム、及びその方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像データを $N \times M$ (N 及び M は奇数かつ 3 以上の自然数) のカーネル係数から成る左右対称型のフィルタで処理する装置であって、
中心列に対して左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算する演算手段と、
前記演算手段で累積加算された演算結果を中間データとして記憶する記憶手段と、
前記記憶手段に記憶されている中間データを累積加算し、前記画像データの画素値を算出する画素結果計算手段と
を有することを特徴とする対称型画像フィルタ処理装置。

【請求項 2】 前記演算手段は、左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算して画像データの一行分の中間データを算出するように構成され、
前記画素結果計算手段は、前記画像データの各画素の位置に対応する中間データを前記記憶手段から読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の対称型画像フィルタ処理装置。

【請求項 3】 前記演算手段及び前記画素結果計算手段は、SIMD 命令を用いて、累積加算の演算を行なうように構成されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の対称型画像フィルタ処理装置。

【請求項 4】 前記画像データは一行分の画素数が P (P は自然数) であり、
前記演算手段は、 Q 個 ($Q > 1$ かつ $P > Q$ の条件を満たす自然数) の連続したデータを同時に処理できる SIMD 命令を用いて、左右いずれかの $\{(N+1)/2\}$ 列の各列における M 個の各カーネル係数と、画像データにおける縦方向の M 個の各画素との累積加算を、 P/Q 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の対称

型画像フィルタ処理装置。

【請求項 5】 $N \times M$ (N 及び M は奇数かつ 3 以上の自然数) のカーネル係数から成る左右対称型のフィルタを用いて、コンピュータに画像データをフィルタ処理させるプログラムであって、

前記プログラムは、コンピュータを、

中心列に対して左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算する演算手段と、

前記演算手段で累積加算された演算結果を中間データとして記憶する手段と

前記記憶手段に記憶されている中間データを累積加算し、前記画像データの画素値を算出する算出手段として機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 6】 前記プログラムの前記演算手段は、左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算して画像データの一行分の中間データを算出する手段であり、

前記画素結果計算手段は、前記記憶された画像データの各画素の位置に対応する中間データを読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出する手段として機能することを特徴とする請求項 5 に記載のプログラム。

【請求項 7】 前記プログラムの前記演算手段及び前記画素結果計算手段は、SIMD 命令を用いて、累積加算の演算を行なう手段として機能することを特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載のプログラム。

【請求項 8】 前記画像データは一行分の画素数が P (P は自然数) であり、前記プログラムの前記演算手段は、 Q 個 ($Q > 1$ かつ $P > Q$ の条件を満たす自然数) の連続したデータを同時に処理できる SIMD 命令を用いて、左右いずれかの $\{(N+1)/2\}$ 列の各列における M 個の各カーネル係数と、画像データにおける縦方向の M 個の各画素との累積加算を、 P/Q 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成する手段として機能することを特徴とする請求項 5 に記載のプログラム。

【請求項 9】 画像データを $N \times M$ (N 及び M は奇数かつ 3 以上の自然数)

のカーネル係数から成る左右対称型のフィルタで処理する方法であって、

(a) 中心列に対して左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算するステップと

(b) 前記 (a) のステップで算出された累積加算結果を中間データとして記憶するステップと、

(c) 前記 (b) ステップで記憶された中間データを累積加算し、前記画像データの画素値を算出するステップとを有することを特徴とする対称型画像フィルタ処理方法。

【請求項 10】 前記 (a) ステップは、左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算して画像データの一行分の中間データを算出するステップであり、

前記 (c) ステップは、前記 (b) ステップで記憶した画像データの各画素の位置に対応する中間データを読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出するステップであることを特徴とする請求項 9 に記載の対称型画像フィルタ処理方法。

【請求項 11】 前記画像データは一行分の画素数が P (P は自然数) であり、

前記 (a) ステップは、 Q 個 ($Q > 1$ かつ $P > Q$ の条件を満たす自然数) の連続したデータを同時に処理できる SIMD 命令を用いて、左右いずれかの $\{(N + 1) / 2\}$ 列の各列における M 個の各カーネル係数と、画像データにおける縦方向の M 個の各画素との累積加算を、 P / Q 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成するステップであることを特徴とする請求項 9 に記載の対称型画像フィルタ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、マルチメディア処理を高速化する為に拡張された SIMD (Single Instruction Multi Data) 命令と呼ばれる命令

セットを有する計算機において、対称型画像フィルタのフィルタリング処理に関するものである。

【0002】

【従来技術】

既存の汎用プロセッサやDSP (Digital Signal Processor) が持つ、一つの命令で複数のデータを同時に処理するSIMD (Single Instruction stream Multiple Data stream) 命令を用いて、画像データに対するフィルタ処理が行なわれている。例えば、画像フィルタのカーネルサイズを $N \times M$ 、画像データの横幅画素数を P とした場合、通常、画像データの1行分 (P 個) の結果画素を求めるのに、 $P \times 2 \times N \times M$ ステップの演算処理 ($N \times M$ 回の乗算と、 $M \times N$ 回の加算による積和演算とを P 回実施) が必要である。

【0003】

具体的には、図7に示すように、一度に Q 個 (但し、 $Q > 1$, $P > Q$) の連続したデータを同時に処理できるSIMD命令 (平行四辺形で囲まれている部分が、SIMD命令を用いる処理を表す) を用いて、縦方向の M 画素分のソース画素 S と、この M 画素分のソース画素 S に対応するカーネル係数 K とを乗じ、この乗算結果を累積加算する。この処理を縦方向画素の読み出し開始位置から横方向に1画素ずつ移動させながら N 回繰り返す。この結果、1行分の結果画素が求められる。このように、SIMD命令を用いることで、1行分の結果画素を求めるのに、 $(2 \times N \times M) \times P \div Q$ ステップの演算処理で済む。つまり、SIMD命令を用いれば、SIMD命令を用いないで結果画素を求める場合に比べて Q 倍の高速化が実現できる。

ここで、左右の対称性を持つフィルタを使用して画像処理する技術として、例えば、画像1行中の画素数と同じかそれ以下の数個の処理要素を用意し、画素単位で並列処理を行ない、フィルタリング処理における演算回数、転送回数を削減して高速処理を行なう技術がある (特許文献1参照)。

【0004】

しかしながら、左右の対称性を持つフィルタを使用して画像処理する技術は、

如何にしてSIMD命令を活用すれば、左右の対称性を持つフィルタを効率良く活用できるかを想定することができない。

【0005】

【特許文献1】

第2862388号

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、画像フィルタのカーネル係数は、多くの場合、左右に対称性を有する。この為、例えば左側の画素結果を求める際に計算した積和演算結果を、右側の画素結果を求める際にも用いることができる。

【0007】

しかしながら、従来の方法では、左側の画素結果を求める際に計算した積和結果を用いずに、再度、最初から積和結果を求め右側の画素結果を計算する。この結果、カーネル係数の対称性を利用した更なる高速化を実現できない問題点があった。

【0008】

そこで、本発明の目的は、カーネル係数が左右対称である対称型画像フィルタを用いる場合、対称型画像フィルタのフィルタリング処理を高速化する為にSIMD命令を有効利用する技術を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の目的を達成する第1の発明は、画像データを $N \times M$ （ N 及び M は奇数かつ3以上の自然数）のカーネル係数から成る左右対称型のフィルタで処理する装置であって、

中心列に対して左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算する演算手段と、

前記演算手段で累積加算された演算結果を中間データとして記憶する記憶手段と、

前記記憶手段に記憶されている中間データを累積加算し、前記画像データの画

素値を算出する画素結果計算手段とを有する。

【0010】

本発明の目的を達成する第2の発明は、上記第1の発明において、前記演算手段は、左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算して画像データの一行分の中間データを算出するように構成され、

前記画素結果計算手段は、前記画像データの各画素の位置に対応する中間データを前記記憶手段から読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出するように構成されていることを特徴とする。

【0011】

本発明の目的を達成する第3の発明は、上記第1又は第2の発明において、前記演算手段及び前記画素結果計算手段は、SIMD命令を用いて、累積加算の演算を行なうように構成されていることを特徴とする。

【0012】

本発明の目的を達成する第4の発明は、上記第1の発明において、前記画像データは一行分の画素数が P (P は自然数)であり、

前記演算手段は、 Q 個 ($Q > 1$ かつ $P > Q$ の条件を満たす自然数)の連続したデータを同時に処理できるSIMD命令を用いて、左右いずれかの $\{ (N+1)/2 \}$ 列の各列における M 個の各カーネル係数と、画像データにおける縦方向の M 個の各画素との累積加算を、 P/Q 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成するように構成されていることを特徴とする。

【0013】

本発明の目的を達成する第5の発明は、 $N \times M$ (N 及び M は奇数かつ3以上の自然数)のカーネル係数から成る左右対称型のフィルタを用いて、コンピュータに画像データをフィルタ処理させるプログラムであって、

前記プログラムは、コンピュータを、

中心列に対して左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算する演算手段と、

前記演算手段で累積加算された演算結果を中間データとして記憶する手段と

前記記憶手段に記憶されている中間データを累積加算し、前記画像データの画素値を算出する算出手段として機能させることを特徴とする。

【0014】

本発明の目的を達成する第6の発明は、上記第5の発明において、前記プログラムの前記演算手段は、左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算して画像データの一行分の中間データを算出する手段であり、

前記画素結果計算手段は、前記記憶された画像データの各画素の位置に対応する中間データを読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出する手段として機能することを特徴とする。

【0015】

本発明の目的を達成する第7の発明は、上記第5又は第6の発明において、前記プログラムの前記演算手段及び前記画素結果計算手段は、SIMD命令を用いて、累積加算の演算を行なう手段として機能することを特徴とする。

【0016】

本発明の目的を達成する第8の発明は、上記第5の発明において、前記画像データは一行分の画素数が P (P は自然数)であり、前記プログラムの前記演算手段は、 Q 個 ($Q > 1$ かつ $P > Q$ の条件を満たす自然数)の連続したデータを同時に処理できるSIMD命令を用いて、左右いずれかの $\{(N+1)/2\}$ 列の各列における M 個の各カーネル係数と、画像データにおける縦方向の M 個の各画素との累積加算を、 P/Q 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成する手段として機能することを特徴とする。

【0017】

本発明の目的を達成する第9の発明は、画像データを $N \times M$ (N 及び M は奇数かつ3以上の自然数)のカーネル係数から成る左右対称型のフィルタで処理する方法であって、

(a) 中心列に対して左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算するステップと

(b) 前記 (a) のステップで算出された累積加算結果を中間データとして記憶するステップと、

(c) 前記 (b) ステップで記憶された中間データを累積加算し、前記画像データの画素値を算出するステップとを有することを特徴とする。

【0018】

本発明の目的を達成する第10の発明は、上記第9の発明において、前記 (a) ステップは、左側列又は右側列のカーネル係数と、この左側列又は右側列のカーネル係数と対応する画像データの列要素とを累積加算して画像データの一行分の中間データを算出するステップであり、

前記 (c) ステップは、前記 (b) ステップで記憶した画像データの各画素の位置に対応する中間データを読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出するステップであることを特徴とする。

【0019】

本発明の目的を達成する第11の発明は、前記画像データは一行分の画素数が P (P は自然数) であり、

前記 (a) ステップは、 Q 個 ($Q > 1$ かつ $P > Q$ の条件を満たす自然数) の連続したデータを同時に処理できる SIMD 命令を用いて、左右いずれかの $\lfloor (N+1)/2 \rfloor$ 列の各列における M 個の各カーネル係数と、画像データにおける縦方向の M 個の各画素との累積加算を、 P/Q 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成するステップであることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0021】

図1は本発明の対象型画像フィルタを実現する為のブロック図である。図2は対称型画像フィルタにおける中間データの再利用の仕方を説明する為の図である。

【0022】

本発明の左右対称型フィルタ処理装置は、ソース画素を求める際に用いる累積加算中間結果（中間データ）を生成する行単位中間データ生成部 1 と、行単位中間データ生成部 1 で生成された中間データを用いて 1 行部の対称型画像フィルタの結果画素を求める行単位中間データ利用部 2 と、行単位中間データ生成部 1 で生成された中間データと行単位中間データ利用部 2 とで求められた対称型画像フィルタの結果画素とを記憶する記憶部 3 とを持つ。

【0023】

そして、画像の横幅画素数（1 行分の画素数）を P とし、SIMD 命令は一度に Q 個（但し $Q > 1$ 、 $P > Q$ の条件を満たす自然数）の連続したデータを同時に処理できるものとする。また、SIMD 命令の実行の際に用いられる SIMD 命令用レジスタ（以下、SIMD レジスタという）は、同時に Q 個のデータ要素を格納できるレジスタとする。

【0024】

尚、SIMD 命令を用いて、複数のデータを同時に処理する技術は既存の技術であることから、詳細な説明は省略する。

【0025】

ところで、 $N \times M$ のカーネルサイズの左右対称型カーネル係数（左右対称型フィルタ）を用いて、ある結果画素を求める場合、フィルタリングの対象となる画像データの縦方向 M 画素と、この M 画素に対応するカーネル係数との積和演算結果は、対象画像の $(N + 1) \div 2$ 画素だけ離れたもう一つの結果画素を求める際にも使用できる性質がある。例えば、図 2 に示す通り、 $N \times M$ のカーネルサイズ（但し、 N 、 M は奇数かつ 3 以上の自然数）の左右対称型カーネル係数（左右対称型画像フィルタ）を用いて、対象画像データから結果画素 $D(i, j)$ 、 $D(i + 2, j)$ を求める場合、

$$\begin{aligned} D(i, j) = & S(i, j + 0) * K(0, 0) \\ & + S(i + 1, j + 0) * K(1, 0) \\ & + S(i + 2, j + 0) * K(2, 0) \\ & + S(i, j + 1) * K(0, 1) \\ & + S(i + 1, j + 1) * K(1, 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&+S(i+2, j+1) * K(2, 1) \\
&+S(i, j+2) * K(0, 2) \\
&+S(i+1, j+2) * K(1, 2) \\
&+S(i+2, j+2) * K(2, 2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D(i+2, j) = & S(i+2, j+0) * K(0, 0) \\
& +S(i+3, j+0) * K(1, 0) \\
& +S(i+4, j+0) * K(2, 0) \\
& +S(i+2, j+1) * K(0, 1) \\
& +S(i+3, j+1) * K(1, 1) \\
& +S(i+4, j+1) * K(2, 1) \\
& +S(i+2, j+2) * K(0, 2) \\
& +S(i+3, j+2) * K(1, 2) \\
& +S(i+4, j+2) * K(2, 2)
\end{aligned}$$

の積和計算を行なって求める。そして、求めた結果画素には、共通項、

$$S(i+2, j+0) * K(2, 0) = S(i+2, j+0) * K(0, 0)$$

$$S(i+2, j+1) * K(2, 1) = S(i+2, j+1) * K(0, 1)$$

$$S(i+2, j+2) * K(2, 2) = S(i+2, j+2) * K(0, 2)$$

(但し、 $K(2, 0) == K(0, 0)$, $K(2, 1) == K(0, 1)$, $K(2, 2) == K(0, 2)$)

が存在する。

【0026】

そこで、本願発明は、一方の結果画素を求める際の1行分の演算結果(共通項)を中間データとし、この中間データを利用して他方の結果画素を求めるものである。

【0027】

次に、本発明の構成要素の概略を図1に基づいて述べる。

【0028】

行単位中間データ生成部1は、SIMD命令を用いて、1行分のソース画素とカーネル係数との積和の累積加算結果を中間データとして生成し、この中間データを記憶部3の中間データ格納領域Tに格納するものである。

【0029】

行単位中間データ利用部2は、記憶部3の中間データ格納領域Tに格納されたN個の中間データを読み出し、更にSIMD命令で累積加算していくことで、1行分の対称型画像フィルタの画素結果を得るものである。尚、画像全体に対するフィルタ処理は、上述した1行分の処理を画像の行数分だけ繰り返すことにより行なう。

【0030】

記憶部3は、行単位中間データ生成部1により生成された中間データを格納する中間データ格納領域Tと、行単位中間データ利用部2で求められた結果画素を格納する結果画素格納領域Dとを有するものである。

【0031】

続いて、各部の構成の動作について具体的に説明する。

【0032】

図3は各部の動作を説明する為のフローチャートである。

【0033】

尚、以下の説明では、ソース画素Sから結果画素を求める際、現在処理しているソース画像Sの行番号を表す変数をj、ソース画像Sの一行中のどの位置(列)に対応する中間データを求めているかを表す変数をi、 $M \times N$ 個のカーネル係数のどの列を用いて処理するかを表す変数をn、 $M \times N$ 個のカーネル係数のn列のどの行を用いて処理するかを表す変数をmとして説明する。

【0034】

まず、行単位中間データ生成部1について図3を用いて説明する。

【0035】

行単位中間データ生成部1は、変数i, n, mを”0”に初期化する。また、

SIMDレジスタX内の全要素を”0”に初期化する(S11~S13)。

【0036】

次に、行単位中間データ生成部1は、SIMD加算命令やSIMD乗算命令を一回ずつ用いて、 $j+m$ 行目の i 列目から $i+Q-1$ 列目までの Q 個の連続した各ソース画像 $S(i, j+m) \sim S(i+Q-1, j+m)$ に、同時にカーネル係数 $K(n, m)$ を乗じ、これにより得られた Q 個の連続した結果を、同時にSIMDレジスタX内の連続した要素位置に格納する(S14)。

【0037】

そして、行単位中間データ生成部1は、変数 m を1だけ増加させ、 m と M との大小を比較する。 m が M に満たない場合、S14の動作を繰り返し、 m が M 以上である場合、次の処理を行なう(S15)。すなわち、行単位中間データ生成部1は、SIMDレジスタXに格納した Q 列分のソース画素の夫々に、同じ1列分のカーネル係数を乗じて累積加算し、これにより得られた Q 個の連続した中間データを、1回のSIMDストア命令により、記憶部3の中間データ格納領域Tの連続した位置 $(i, n) \sim (i+Q-1, n)$ に格納する(S16)。

【0038】

このようにして、記憶部3の中間データ格納領域Tには、ソース画素の i 列目とカーネル係数の n 列目との積和結果が格納される。

【0039】

また、行単位中間データ生成部1は、変数 n を”1”だけ増加させ、 n の値が $(N+1) \div 2$ に満たない場合、S13のステップに戻り、 n の値が $(N+1) \div 2$ 以上である場合、次の処理を行なう(S17)。すなわち、行単位中間データ生成部1は、 i を Q だけ増加させ、 i の値が P の値に満たない場合、S12のステップに戻る。一方、 i の値が P の値以上である場合、中間データの生成処理を終了する(S18)。

【0040】

このようにして、行単位中間データ生成部1は、積和演算を $P \div Q$ 回($P \div Q$ が割り切れない場合には $P \div Q$ (余り切り捨て)+1回)行なって、 $\{P \times (N+1) \div 2\}$ 個の中間データを生成する。

【0041】

次に、行単位中間データ利用部2について図3を用いて説明する。

【0042】

行単位中間データ利用部2は、変数 i 、 n 、 m を”0”に初期化する。また、SIMDレジスタX内の各要素を”0”に初期化する（S21～S22）。

【0043】

行単位中間データ利用部2は、結果画素を求める際に参照すべき中間データを特定する為、 n の値と $(N+1) \div 2$ の値との大小を比較する。 n の値が $(N+1) \div 2$ の値より大きい場合、 $N-1-n$ の値を変数 o とし、 n の値が $(N+1) \div 2$ の値より小さい場合、 n の値を変数 o とする。これにより記憶部3の中間データ格納領域 $T(i+n, o) \sim (i+Q-1+n, o)$ に格納されている Q 個の連続した中間データが参照すべき中間データであると特定する。更に、行単位中間データ利用部2は、特定した中間データを1回のSIMD加算命令で、SIMDレジスタX内の連続した各要素に累積加算する（S23）。

【0044】

その後、行単位中間データ利用部2は、 n の値を”1”だけ増加させ、この増加させた n の値と N の値とを比較する。 n の値が N の値に満たない場合、S23に戻り、 n の値が N の値以上である場合、次の処理を行なう（S24）。すなわち、行単位中間データ利用部2は、S23の動作を N 回繰り返す。この結果、求められた結果画素値を、1回のSIMDストア命令により記憶部2の結果画素格納領域 D の連続した位置 $D(i, j) \sim D(i+Q-1, j)$ に格納する（S25）。

【0045】

更に、行単位中間データ利用部2は、変数 i の値を Q の値だけ増加させ、 i の値と P の値とを比較する。そして、 i の値 $\geq P$ の値である場合、S21に戻り、 i の値 $< P$ の値である場合、結果画素の演算処理を終了する（S16）。

【0046】

上述した動作により、ソース画像 S のフィルタ処理を行なう。

【0047】

続いて、具体的な実施の形態の動作について説明する。

【0048】

図4は対称型画像フィルタ（カーネル係数）の一例として、カーネルサイズが 13×13 のメキシカン ハット型画像フィルタ ($N=M=13$) のカーネル係数を説明する為の図である。図5は画素位置の列番号を1の位、行番号を10の位に持つ値を画素値とするソース画像を説明する為の図である。

【0049】

尚、以下の説明では、 $P=256$ 、 $Q=4$ とし、ソース画像の先頭行に着目する為、 $j=0$ として説明する。

【0050】

まず、行単位中間データ生成部1は、上述したS11～S13の処理を行なう。すなわち、変数 i 、 n 、 m 及び SIMDレジスタ X の値を0に初期化する。

【0051】

そして、行単位中間データ生成部1は、上述したS14～S15の処理を繰り返す。すなわち、変数 j 、 n 、 m を0 ($i=0$ 、 $n=0$) に固定した上で、変数 m の値を1～12まで1ずつ増加させ、カーネル係数とソース画素との累積積和演算を行い、この演算結果を SIMDレジスタ $X(0) \sim X(3)$ に格納する。つまり、行単位中間データ生成部1は、

$$\begin{aligned} X(0) = & 1 * 0 + 11 * 0 + 21 * 0 + 31 * 0 + 41 * 0 \\ & + 51 * (-1) + 61 * (-1) + 71 * (-1) + 81 * 0 \\ & + 91 * 0 + 101 * 0 + 111 * 0 + 121 * 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X(1) = & 2 * 0 + 12 * 0 + 22 * 0 + 32 * 0 + 42 * 0 \\ & + 52 * (-1) + 62 * (-1) + 72 * (-1) + 82 * 0 \\ & + 92 * 0 + 102 * 0 + 112 * 0 + 122 * 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X(2) = & 3 * 0 + 13 * 0 + 23 * 0 + 33 * 0 + 43 * 0 \\ & + 53 * (-1) + 63 * (-1) + 73 * (-1) + 83 * 0 \\ & + 93 * 0 + 103 * 0 + 113 * 0 + 123 * 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X(3) = & 4 * 0 + 14 * 0 + 24 * 0 + 34 * 0 + 44 * 0 \\
 & + 54 * (-1) + 64 * (-1) + 74 * (-1) + 84 * 0 \\
 & + 94 * 0 + 104 * 0 + 114 * 0 + 124 * 0
 \end{aligned}$$

の累積加算を行い、Q個（4個）の中間データを求める。

【0052】

更に、行単位中間データ生成部1は、上述したS16の処理を行なう。すなわち、累積加算して求めた4個の中間データを、1回のSIMD命令により、記憶部3の中間データ格納領域T(i, j) ~ (i+Q-1, j)に格納する。つまり、行単位中間データ生成部1は、記憶部3の中間データ格納領域Tに、

$$\begin{aligned}
 T(0, 0) & \leftarrow X(0) \\
 T(1, 0) & \leftarrow X(1) \\
 T(2, 0) & \leftarrow X(2) \\
 T(3, 0) & \leftarrow X(3)
 \end{aligned}$$

SIMDレジスタX(0) ~ X(1)の値を格納する。

【0053】

次に、行単位中間データ生成部1は、変数nの値を1に増加した後、上述したS17の判断を行なう。すなわち、nの値とMの値とを比較する。ここでは、n (n=1) < M (M=13)であることから、上述したS13の処理に戻る。すなわち、行単位中間データ生成部1は、再度、変数mの値を1~12まで1ずつ増加させて、カーネル係数とソース画素との累積積和演算を行い、この演算結果をSIMDレジスタX(0) ~ X(3)に格納する。つまり、行単位中間データ生成部1は、

$$\begin{aligned}
 X(0) = & 1 * 0 + 11 * 0 + 21 * 0 + 31 * (-1) + 41 * (-1) \\
 & + 51 * (-2) + 61 * (-2) + 71 * (-2) \\
 & + 81 * (-1) + 91 * (-1) + 101 * 0 + 111 * 0 \\
 & + 121 * 0
 \end{aligned}$$

$$X(1) = 2 * 0 + 12 * 0 + 22 * 0 + 32 * (-1) + 42 * (-1)$$

$$\begin{aligned}
&+ 5 \ 2 * (-2) + 6 \ 2 * (-2) + 7 \ 2 * (-2) \\
&+ 8 \ 2 * (-1) + 9 \ 2 * (-1) + 1 \ 0 \ 2 * 0 + 1 \ 1 \ 2 * 0 \\
&+ 1 \ 2 \ 2 * 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X(2) = & 3 * 0 + 1 \ 3 * 0 + 2 \ 3 * 0 + 3 \ 3 * (-1) + 4 \ 3 * (-1) \\
&+ 5 \ 3 * (-2) + 6 \ 3 * (-2) + 7 \ 3 * (-2) \\
&+ 8 \ 3 * (-1) + 9 \ 3 * (-1) + 1 \ 0 \ 3 * 0 + 1 \ 1 \ 3 * 0 \\
&+ 1 \ 2 \ 3 * 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X(3) = & 4 * 0 + 1 \ 4 * 0 + 2 \ 4 * 0 + 3 \ 4 * (-1) + 4 \ 4 * (-1) \\
&+ 5 \ 4 * (-2) + 6 \ 4 * (-2) + 7 \ 4 * (-2) \\
&+ 8 \ 4 * (-1) + 9 \ 4 * (-1) + 1 \ 0 \ 4 * 0 + 1 \ 1 \ 4 * 0 \\
&+ 1 \ 2 \ 4 * 0
\end{aligned}$$

の累積加算を行い、Q個（4個）の中間データを求める。

【0054】

更に、行単位中間データ生成部1は、上述したS16の処理を行なう。すなわち、累積加算して求めた4個の中間データを、1回のSIMD命令により、記憶部3の中間データ格納領域T(i, j) ~ (i+Q-1, j)に格納する。つまり、行単位中間データ生成部1は、記憶部3の中間データ格納領域Tに、

$$T(0, 1) \leftarrow X(0)$$

$$T(1, 1) \leftarrow X(1)$$

$$T(2, 1) \leftarrow X(2)$$

$$T(3, 1) \leftarrow X(3)$$

SIMDレジスタX(0) ~ X(1)の値を格納する。

【0055】

同様に、行単位中間データ生成部1は、変数nの値を2~6に増加する毎に、変数mの値を1~12まで1つつ増加させて、カーネル係数とソース画素との累積積和演算を行い、この演算結果をSIMDレジスタXに格納する。そして、行単位中間データ生成部1は、累積加算して求めた4個の中間データを、1回

の SIMD 命令により、記憶部 3 の中間データ格納領域 T に格納していく。

【0056】

このようにして、行単位中間データ生成部 1 が、上述した S 17 の処理を終了し、S 18 の処理に進んだときには、記憶部 3 の中間データ格納領域 T (0, 0) ~ T (3, 6) に、計 28 個の中間データが格納される。

【0057】

そして、行単位中間データ生成部 1 は、上述した S 18 の処理を行なう。すなわち、変数 i の値 ($i = 0$) を Q の値 ($Q = 4$) だけ増加させ、i の値と P の値 ($P = 256$) とを比較し、i の値が P の値に満たない場合には、再度、S 12 からの処理を行う。一方、i の値が P の値以上である場合には、中間データの生成処理を終了する。

【0058】

以上、行単位中間データ生成部 1 による中間データ生成終了時には、記憶部 3 の中間データ格納領域 T (0, 0) ~ T (255, 6) に、計 $256 \times 7 = 1792$ 個の中間データが格納される。

【0059】

その後、行単位中間データ利用部 2 は、上述した S 21 ~ S 22 の処理を実行する。すなわち、変数 i, n の値を 0 に初期化すると共に、SIMD レジスタ X を 0 に初期化する。

【0060】

そして、行単位中間データ利用部 2 は、上述した S 23 ~ S 24 の処理を実行し、記憶部 3 の中間データ格納領域 T に格納されている中間データを SIMD レジスタ X に格納する。すなわち、変数 n の値を 0 ~ 12 まで 1 ずつ増加させる毎に、n の値と $(N + 1) \div 2$ の値とを比較する。そして、n の値 $> (N + 1) \div 2$ の値である場合、変数 o の値を $N - 1 - n$ の値にする。一方、n の値 $\leq (N + 1) \div 2$ の値である場合、変数 o の値を n の値にし、この値によって示される記憶部 3 の中間データ格納領域 T (i + n, o) ~ T (i + Q - 1 + n, o) の中間データを SIMD レジスタ X (0) ~ X (3) に格納する。つまり、SIMD レジスタ X (0) ~ X (1) には、

$$\begin{aligned}
 X(0) = & T(0, 0) + T(1, 1) + T(2, 2) + T(3, 3) \\
 & + T(4, 4) + T(5, 5) + T(6, 6) + T(7, 5) \\
 & + T(8, 4) + T(9, 3) + T(10, 2) + T(11, 1) \\
 & + T(12, 0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X(1) = & T(1, 0) + T(2, 1) + T(3, 2) + T(4, 3) \\
 & + T(5, 4) + T(6, 5) + T(7, 6) + T(8, 5) \\
 & + T(9, 4) + T(10, 3) + T(11, 2) + T(12, 1) \\
 & + T(13, 0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X(2) = & T(2, 0) + T(3, 1) + T(4, 2) + T(5, 3) \\
 & + T(6, 4) + T(7, 5) + T(8, 6) + T(9, 5) \\
 & + T(10, 4) + T(11, 3) + T(12, 2) \\
 & + T(13, 1) + T(14, 0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X(3) = & T(3, 0) + T(4, 1) + T(5, 2) + T(6, 3) \\
 & + T(7, 4) + T(8, 5) + T(9, 6) + T(10, 5) \\
 & + T(11, 4) + T(12, 3) + T(13, 2) \\
 & + T(14, 1) + T(15, 0)
 \end{aligned}$$

の累積加算値が格納される。

【0061】

このようにして求められた累積加算値が、 13×13 のメキシカンハット型画像フィルタの位置0～3における結果画素となる。

【0062】

更に、行単位中間データ利用部2は、上述したS16の処理を実行し、SIMDレジスタXに格納されている画素結果を、記憶部2の記憶領域D(i, j)～D(i+Q-1, j)に格納する。つまり、行中間データ利用部2は、記憶部2の結果画素格納領域Dに、

$$D(0, 0) \leftarrow X(0)$$
$$D(1, 0) \leftarrow X(1)$$
$$D(2, 0) \leftarrow X(2)$$
$$D(3, 0) \leftarrow X(3)$$

SIMDレジスタ $X(0) \sim (3)$ の画素結果を格納する。

【0063】

同様にして、行単位中間データ利用部2は、変数 i の値を Q の値($Q=4$)だけ増加させさせながら、上述した $S23 \sim S24$ の処理を $P \div Q$ 回($256 \div 4 = 64$)回繰り返して実行する。この結果、記憶部3の結果画素格納領域 $D(0, 0) \sim (255, 0)$ に1行分の結果画素が格納される。このようにして、ソース画像 S の1行分の結果画素が求められる。

【0064】

以上、対称型の画像フィルタを用いて、1行分の結果画素を得るのに必要なSIMD命令のステップ数は、 $(2 \times M \times (N+1) \div 2 + N) \times P \div Q$ ステップ数である。これに対して、従来の方法によるステップ数は、 $2 \times N \times M \times P \div Q$ である。従って、その差は、 $(N \times M - (N+M)) \times P \div Q$ である。

【0065】

このように、 M が N に等しい通常の対称型の画像フィルタの場合では、カーネルサイズ($N=M>3$)が大きくなればなるほどその差は大きくなり、図6に示すように、従来技術を利用した場合と比べると最大50%の処理ステップ数の削減が可能である。つまり、 N と M とが大きい対称型の画像フィルタを用いて、フィルタ処理する場合は、大きな高速化の効果が得られる。

【0066】

尚、本実施の形態における行単位中間データ生成部1と、行単位中間データ利用部2との全部又は一部をプログラムで動作するデジタル信号処理プロセッサ(MPU、CPU)等のコンピュータ制御で実現するようにしても良い。

【0067】

【発明の効果】

本発明によれば、対称型の画像フィルタにおける1行分の結果画素を得るのに

必要な SIMD 命令のステップ数を大幅に削減することができるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の対象型画像フィルタを実現する為のブロック図である。

【図 2】

対称型画像フィルタにおける中間データの再利用の仕方を説明する為の図である。

【図 3】

各部の動作を説明する為のフローチャートである。

【図 4】

対称型画像フィルタ（カーネル係数）の一例として、カーネルサイズが 13×13 のメキシカン ハット型画像フィルタ ($N=M=13$) のカーネル係数を説明する為の図である。

【図 5】

画素位置の列番号を 1 の位、行番号を 10 の位に持つ値を画素値とするソース画像を説明する為の図である。

【図 6】

本発明の効果を説明する為の図である。

【図 7】

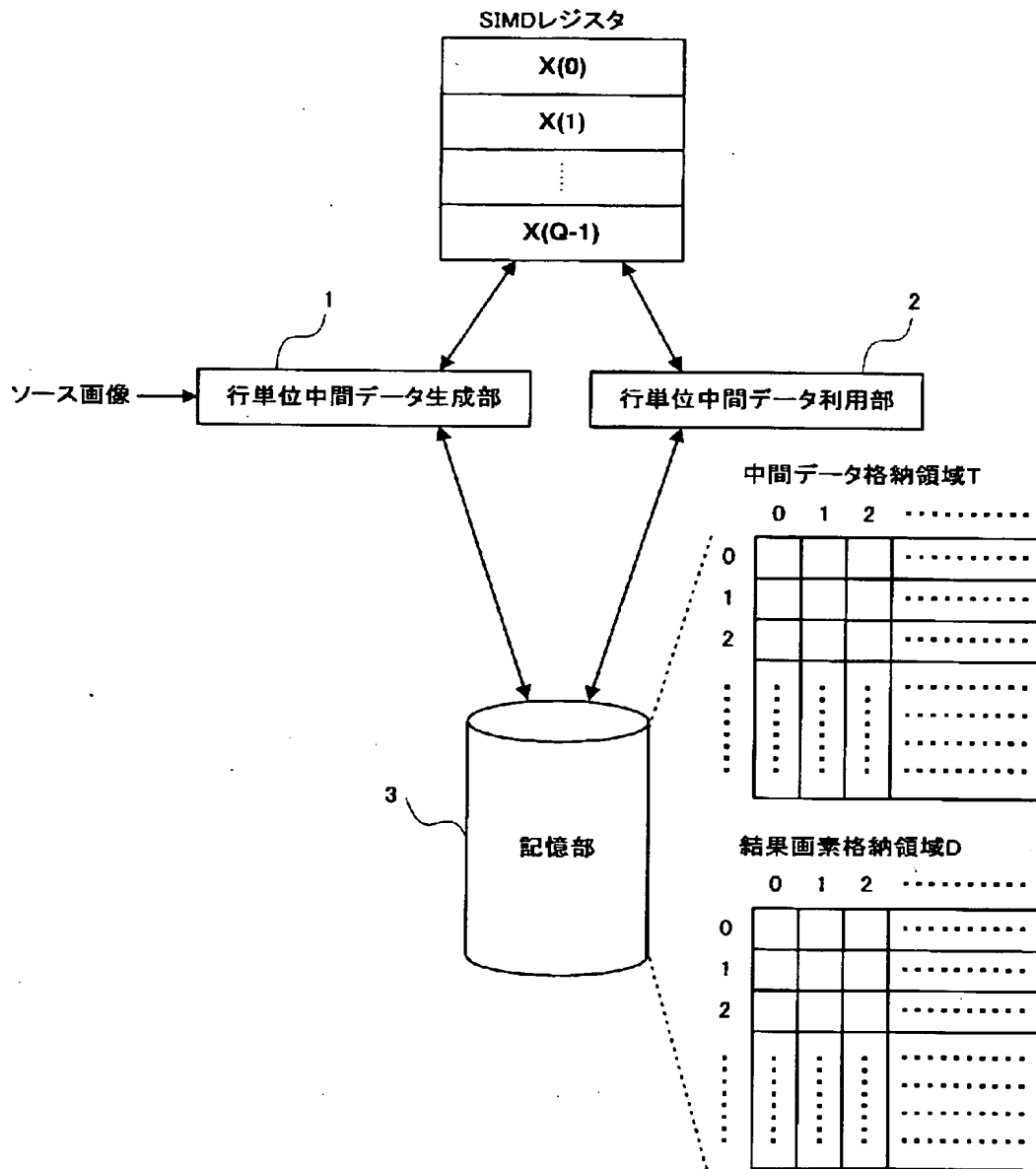
従来の画素値を算出する動作を説明する為のフローチャートである。

【符号の説明】

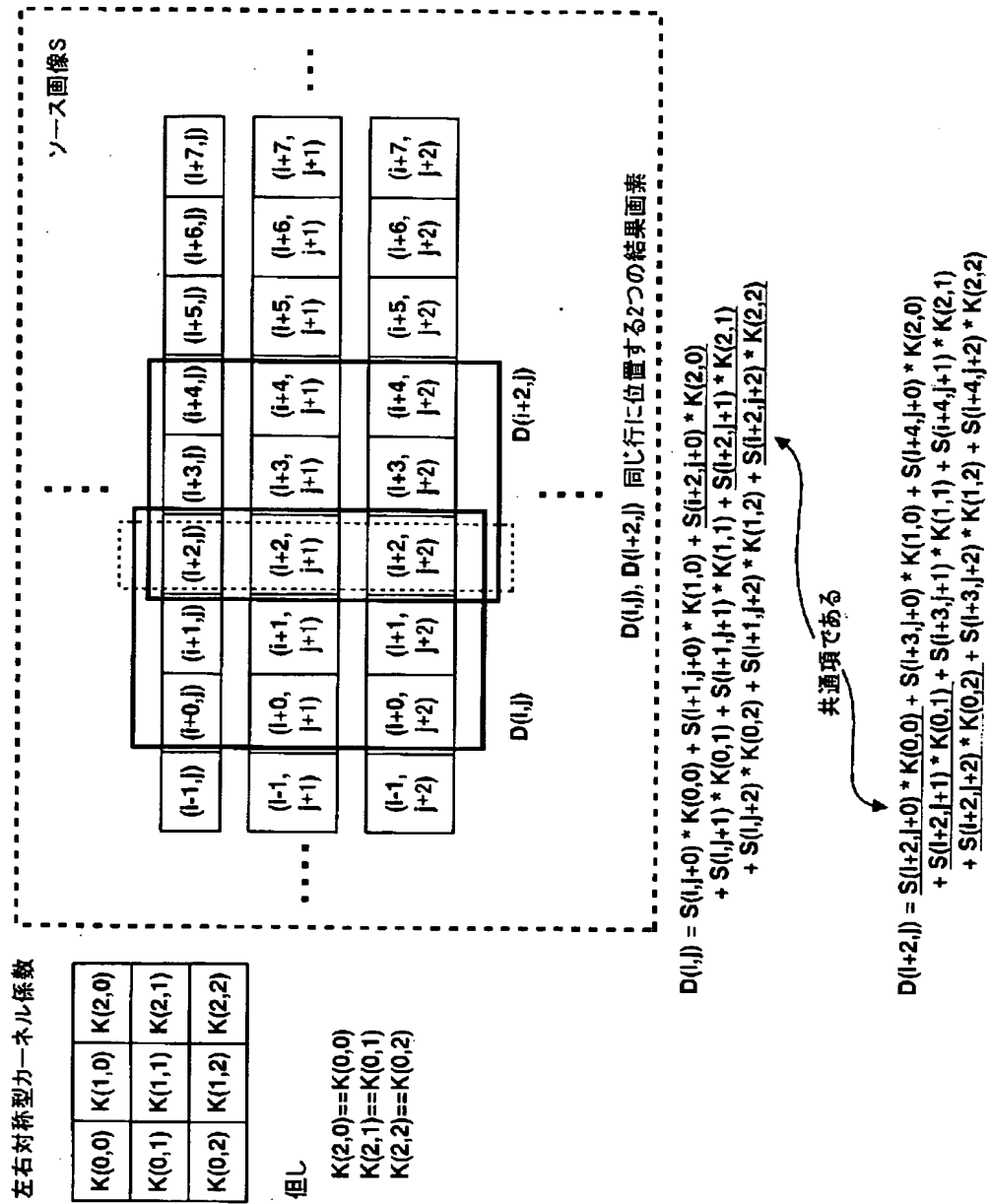
- 1 行単位中間データ生成部
- 2 行単位中間データ利用部
- 3 記憶部

【書類名】 図面

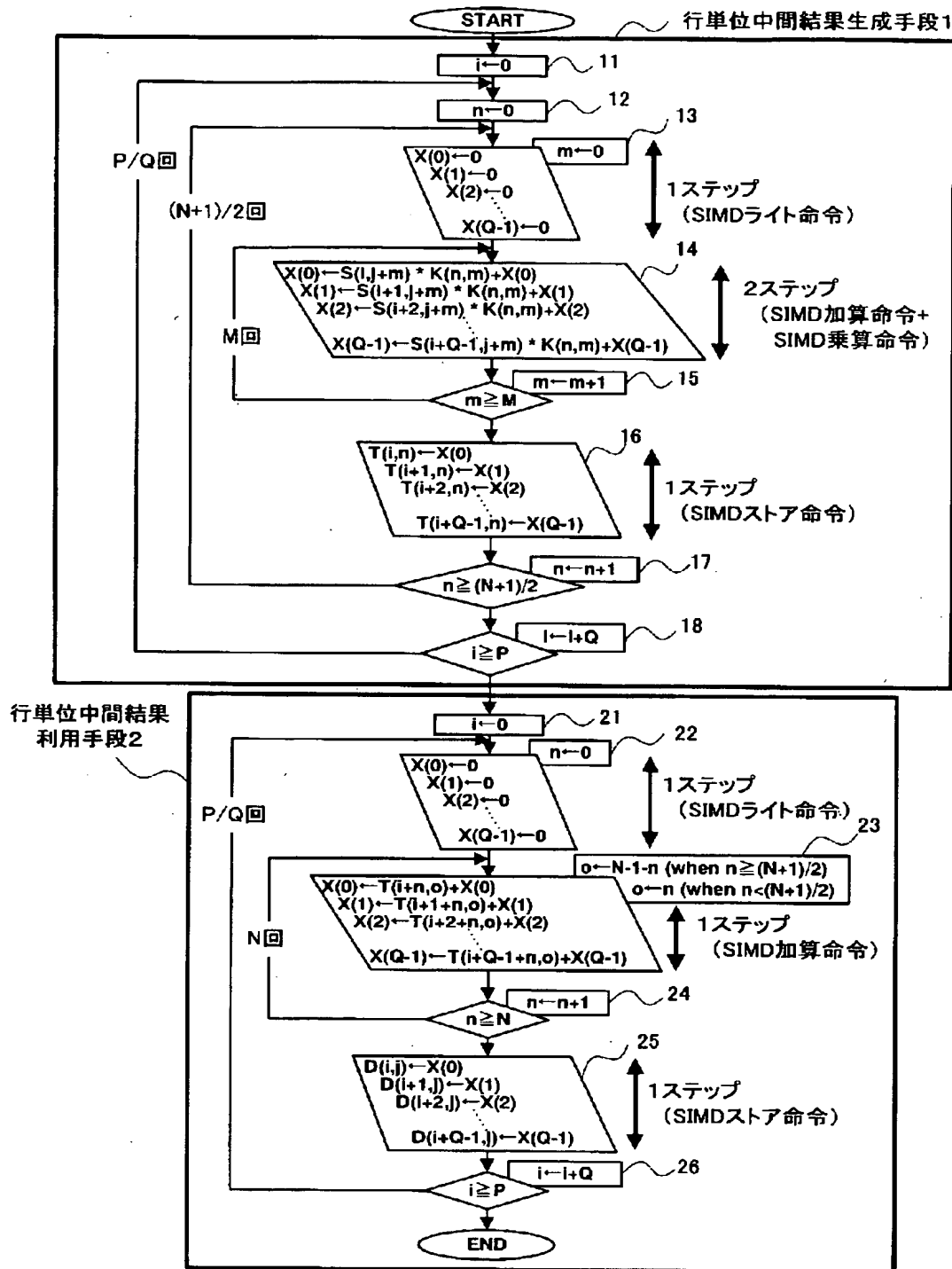
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

		n →												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m ↓	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	-1	-1	0	0	0
	2	0	0	-2	-2	-3	-3	-4	-3	-3	-2	-2	0	0
	3	0	-1	-2	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-1	0
	4	0	-1	-3	-3	-2	+4	+6	+4	-2	-3	-3	-1	0
	5	-1	-2	-3	-3	+4	14	19	14	+4	-3	-3	-2	-1
	6	-1	-2	-4	-2	+6	19	24	19	+6	-2	-4	-2	-1
	7	-1	-2	-3	-3	+4	14	19	14	+4	-3	-3	-2	-1
	8	0	-1	-3	-3	-2	+4	+6	+4	-2	-3	-3	-1	0
	9	0	-1	-2	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-1	0
	10	0	0	-2	-2	-3	-3	-4	-3	-3	-2	-2	0	0
	11	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	-1	-1	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0

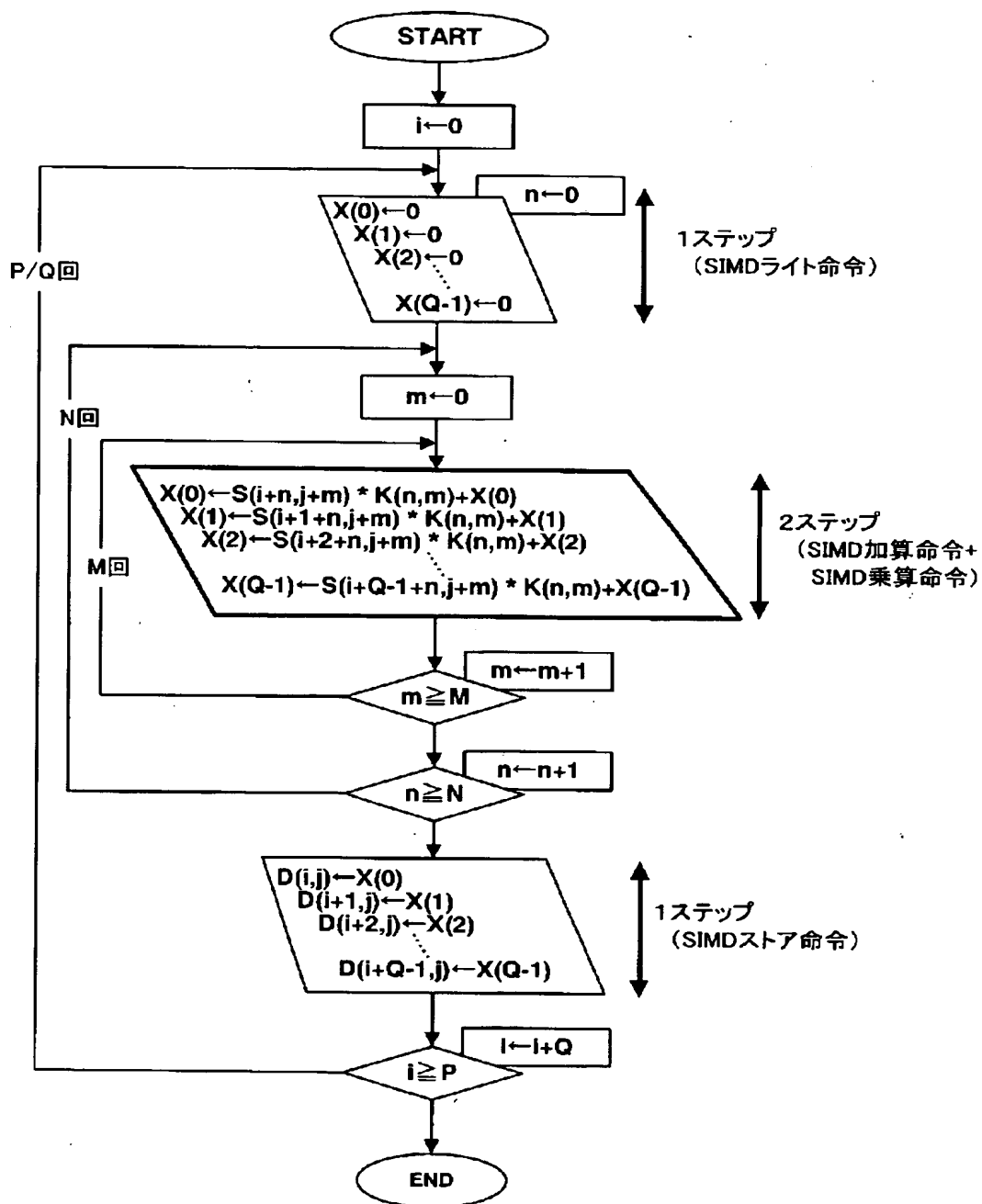
【図 5】

	i →											
j ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2 ...
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12 ...
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	20	21	22 ...
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	30	31	32 ...
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	40	41	42 ...
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	50	51	52 ...
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	60	61	62 ...
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	70	71	72 ...
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	80	81	82 ...
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	90	91	92 ...
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	100	101	102 ...
	111	112	113	114	115	116	117	118	119	110	111	112 ...
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	120	121	122 ...
	131	132	133	134	135	136	137	138	139	130	131	132 ...
	141	142	143	144	145	146	147	148	149	140	141	142 ...
	151	152	153	154	155	156	157	158	159	150	151	152 ...
											

【図 6】

NとM	演算ステップ数改善率(%)
3	16.67
5	30.00
7	35.71
9	38.89
11	40.91
13	42.31
15	43.33
17	44.12
19	44.74
21	45.24
23	45.65
999	49.90

【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 カーネル係数が左右対称である対称型画像フィルタを用いる場合、対称型画像フィルタのフィルタリング処理を高速化する為にSIMD命令を有効利用する技術を提供すること。

【解決手段】 行単位中間データ生成部1は、Q個の連続したデータを同時に処理できるSIMD命令を用いて、左右いずれかの $\{(N+1) \div 2\}$ 列の各列におけるM個の各カーネル係数と、一行分の画素数がPである画像データにおける縦方向のM個の各画素との累積加算を、 $P \div Q$ 回行なうことで画像データの一行分の中間データを生成し、記憶部3の中間データ格納領域Tに格納する。その後、行単位中間データ利用部2は、記憶部3の中間データ格納領域Tに格納されている中間データを読み出し、この読み出した中間データを累積加算して画素値を算出する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 6 4 6 2 8
受付番号	5 0 2 0 1 9 0 6 2 5 8
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0 0 9 3
作成日	平成 1 5 年 1 月 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成14年12月17日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 6 4 6 2 8

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社